



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: **2006100972/02**, 10.01.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**10.01.2006**

(43) Дата публикации заявки: **20.07.2007**

(45) Опубликовано: **27.09.2008 Бюл. № 27**

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **RU 2238616 C2**, 20.10.2004. **RU 94036249**  
**A1**, 20.02.1997. **RU 2086076 C1**, 27.07.1997. **EP**  
**0429774 A1**, 05.06.1991. **FR 2457029 A1**,  
12.12.1980.

Адрес для переписки:

**622031, Свердловская обл., г. Нижний Тагил,  
Красногвардейская, 59, Нижнетагильский  
технологический институт УГТУ-УПИ**

(72) Автор(ы):

**Иванушкин Виктор Андреевич (RU),  
Сарапулов Федор Никитич (RU),  
Кожеуров Владимир Николаевич (RU),  
Исаков Дмитрий Викторович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

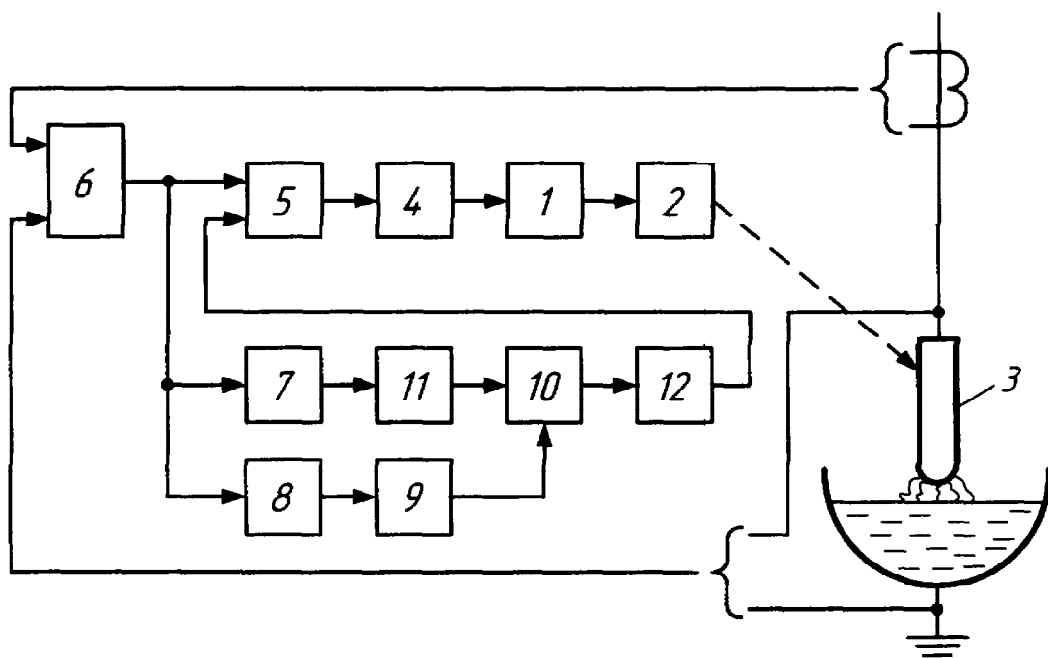
**ГОУ ВПО Уральский государственный  
технический университет-УПИ (ГОУ ВПО "УГТУ-  
УПИ") (RU)**

**(54) РЕГУЛЯТОР ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротермии, в частности к автоматическим регуляторам положения электродов дуговых сталеплавильных электропечей. Техническим результатом изобретения является повышение точности поддержания заданного электрического режима и, как следствие, повышение производительности печи и снижение удельного расхода электроэнергии. Согласно изобретению регулятор содержит для каждой фазы электропечи задатчик мощности, блок зоны нечувствительности, выход которого соединен с входом управляемого реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен электродвигатель перемещения

электрода, и пороговый элемент, выход которого соединен с управляющим входом управляемого ключа. Регулятор снабжен усилителем, блоком ограничения, апериодическим фильтром, сумматором и блоком выделения модуля сигнала ошибки, выход которого соединен с входом порогового элемента, а вход соединен с выходом задатчика мощности, первым входом сумматора и входом усилителя, выход которого через блок ограничений соединен с входом управляемого ключа, выход которого через апериодический фильтр соединен со вторым входом сумматора, выход которого соединен с входом блока зоны нечувствительности. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

**F27D 11/10** (2006.01)**H05B 7/148** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006100972/02, 10.01.2006**(24) Effective date for property rights: **10.01.2006**(43) Application published: **20.07.2007**(45) Date of publication: **27.09.2008 Bull. 27**

Mail address:

**622031, Sverdlovskaja obl., g. Nizhnij Tagil,  
Krasnogvardejskaja, 59, Nizhnetagil'skij  
tekhnologicheskij institut UGTU-UPI**

(72) Inventor(s):

**Ivanushkin Viktor Andreevich (RU),  
Sarapulov Fedor Nikitich (RU),  
Kozheurov Vladimir Nikolaevich (RU),  
Isakov Dmitrij Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO Ural'skij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet-UPI (GOU VPO "UGTU-  
UPI") (RU)**

**(54) POSITION REGULATOR OF ELECTRODE OF ELECTRIC ARC STEEL SMELTING FURNACE**

(57) Abstract:

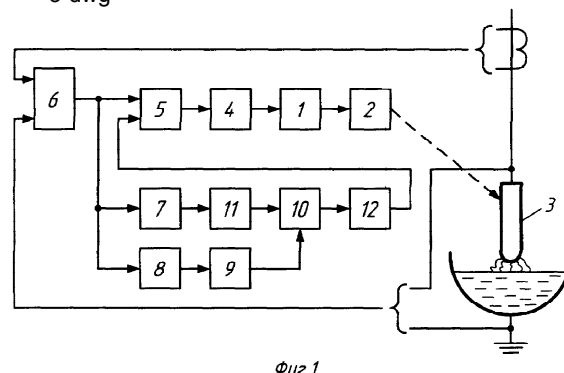
FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention refers to electrothermics, particularly to automated position regulators of electrodes of electric arc steel smelting furnaces. According to the invention for each phase of the electric arc furnace the regulator contains a setting power mechanism, a unit of a dead band, an output of which is connected with the input of controlled reverse converter, to the output of which an electric engine of electrode travel is connected, and a threshold component, the output of which is connected to the control input of a controlled switch. The regulator is equipped with a magnifier, with a limit unit, an aperiodic filter, a summator and a unit for separation of error signal module, the output of which is connected to the input of the threshold component, while the input is connected with the output of the setting power mechanism, the first input of the summator and input of the magnifier,

the output of which via the limit unit is connected with the input of the control switch, the output of which via the aperiodic filter is connected to the second input of the summator, the output of which is connected with the input of dead band unit.

EFFECT: upgraded efficiency of furnace and reduction of specific consumption of electric power.

3 dwg



Изобретение относится к электротермии, в частности к автоматическим регуляторам положения электродов дуговых сталеплавильных электропечей.

Известен регулятор положения электродов, содержащий задатчик мощности, блок зоны нечувствительности, потенциометр обратной связи, реверсивный преобразователь, к выходу которого подключен двигатель перемещения электрода, и релейный элемент времени [1]. Однако данный регулятор не обеспечивает качественного регулирования мощности вводимой в электропечь.

Известен также регулятор положения электродов дуговой электропечи, содержащий задатчик мощности, подключенный к входу блок зоны нечувствительности, выход которого связан с входом управляемого реверсивного преобразователя, соединенного с двигателем перемещений электрода, и выпрямительный мост [2]. Недостатком этого регулятора является низкая точность регулирования.

Наиболее близким по технической сущности или прототипом является регулятор положения электрода, содержащий для каждой фазы электропечи задатчик мощности, выход которого соединен с входами первого и второго пороговых элементов и входом блока зоны нечувствительности, первый выход которого соединен с движком потенциометра отрицательной обратной связи, охватывающей управляемый реверсивный преобразователь, к выходу которого подключен электродвигатель перемещения электрода, вход реверсивного преобразователя через первую диагональ выпрямительного моста соединен со вторым входом блока зоны нечувствительности, причем вторая диагональ выпрямительного моста соединена с выходам управляемого ключа, вход которого через элемент ИЛИ соединен соответственно с выходами первого и второго пороговых элементов [3].

Данный регулятор не может поддерживать с высокой точностью заданный электрический режим вследствие наличия ошибки регулирования, значение которой тем больше, чем больше величина зоны нечувствительности регулятора, являющаяся в свою очередь параметром его настройки, обеспечивающим устойчивость процесса регулирования. Такой регулятор может длительно поддерживать мощность на уровне нижней (например, при непрерывном опускании электрода в период проплавления колодцев) либо верхней (при подъеме электрода после окончания проплавления колодцев в шихте и непрерывном росте уровня жидкого металла в ванне печи) границ зоны нечувствительности. И в том, и в другом случаях, очевидно, электрический режим печи отличается от оптимального (заданного) и, следовательно, снижены показатели работы дуговой электропечи (производительность и удельный расход электроэнергии). Кроме того, такой регулятор не обеспечивает независимой настройки точности и устойчивости процесса регулирования.

Задачей изобретения является повышение точности поддержания заданного электрического режима (с обеспечением возможности независимой настройки устойчивости регулирования) путем непрерывной коррекции входного сигнала блока зоны нечувствительности дополнительным сигналом в функции знака сигнала ошибки в пределах статической зоны нечувствительности.

Указанный технический результат достигается тем, известный регулятор положения электрода дуговой сталеплавильной электропечи, содержащий для каждой фазы электропечи задатчик мощности, блок зоны нечувствительности, выход которого соединен с входом управляемого реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен электродвигатель перемещения электрода, и пороговый элемент, выход которого соединен с управляющим входом управляемого ключа, дополнительно снабжен усилителем, блоком ограничения, апериодическим фильтром, сумматором и блоком выделения модуля сигнала ошибки, выход которого соединен с входом порогового элемента, а вход соединен с выходом задатчика мощности, первым входом сумматора и входом усилителя, выход которого через блок ограничения соединен с входом управляемого ключа, выход которого через апериодический фильтр соединен со вторым входом сумматора, выход которого в свою очередь соединен с входом блока зоны нечувствительности.

Сопоставительный анализ с прототипом позволяет сделать вывод, что заявляемый

регулятор положения позволяет при наличии в его структуре блока статической зоны нечувствительности, обеспечивающего устойчивость процесса регулирования, повысить точность поддержания заданного электрического режима и экономические показатели электропечной установки.

5 Следовательно, заявляемое техническое решение соответствует критерию "Новизна".

Сравнение заявляемого решения не только с прототипом, но и с другими техническими решениями в данной области техники не позволило выявить в них признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа, что позволяет сделать вывод о соответствии критерию "Изобретательский уровень".

10 Сущность предлагаемого технического решения подтверждается чертежом (фиг.1), на котором представлена схема регулятора положения электрода дуговой сталеплавильной электропечи.

Регулятор содержит управляемый реверсивный преобразователь 1, на выход которого подключен электродвигатель 2 перемещения электрода 3. Вход управляемого  
15 реверсивного преобразователя 1 соединен с выходом блока зоны нечувствительности 4, вход которого соединен с выходом сумматора 5. Первый вход сумматора 5 соединен с выходом задатчика мощности 6, входом усилителя 7 и входом блока выделения модуля 8 сигнала ошибки, выход которого через пороговый элемент 9 соединен с управляющим входом управляемого ключа 10. Выход усилителя 7 через блок ограничения 11 соединен с  
20 входом управляемого ключа 10, выход которого через апериодический фильтр 12 подключен ко второму входу сумматора 5.

Величина порога срабатывания порогового элемента 9 выбирается такой, чтобы дополнительный корректирующий сигнал с выхода усилителя 7 через блок ограничения 11, управляемый ключ 10 и апериодический фильтр 12 поступал на второй вход сумматора 5 в  
25 пределах зоны нечувствительности блока 4. Величина порога ограничения блока 11 равна по модулю величине порогового значения сигнала статической зоны нечувствительности блока 4, а знак соответствует знаку сигнала ошибки регулирования.

Регулятор положения электрода дуговой сталеплавильной электропечи работает следующим образом.

30 При наличии на выходе задатчика мощности 6 сигнала ошибки, превышающего порог зоны нечувствительности блока 4, появляется сигнал на входе и напряжение на выходе управляемого преобразователя 1, при этом электродвигатель 2 перемещает электрод 3 в направлении уменьшения, рассогласования. В это время присутствуют сигналы на входе и выводе усилителя 7, выходе звена ограничения 11 и входе управляемого ключа 10.

35 Присутствуют сигналы также на входе и выходе звена выделения модуля 8, а также входе порогового элемента 9. Сигналы на выходе порогового элемента 9, управляющем входе и выходе управляемого ключа 10 отсутствуют. При этом дополнительный корректирующий сигнал с выхода усилителя 7 через блок ограничения 11, управляемый ключ 10 и апериодический фильтр 12 не поступает на второй вход сумматора 5.

40 При уменьшении сигнала ошибки на выходе задатчика мощности 6 до значения, близкого к величине порогового сигнала зоны нечувствительности блока 4, появляются сигналы на выходе порогового элемента 9 и управляющем входе управляемого ключа 10. При этом дополнительный корректирующий сигнал с выхода блока ограничения 11 через открывшийся ключ 10 и апериодический фильтр 12 поступает на второй вход сумматора 5,  
45 плавно выводя сигнал ошибки на входе блока 4 за границу порога зоны нечувствительности на величину, равную по модулю пороговому сигналу статической зоны нечувствительности. При этом электродвигатель 2 продолжает перемещать электрод 3 в направлении уменьшения рассогласования. При достижении величины сигнала рассогласования на выходе задатчика мощности 6 нулевого значения дополнительный  
50 корректирующий сигнал на выходе усилителя 7 становится равным нулю, исчезают сигналы на втором входе сумматора 5, на выходе блока зоны нечувствительности 4, входе управляемого преобразователя 1, а также напряжение на его выходе. Электродвигатель 2 останавливается, прекращая перемещать электрод 3.

В случае появления в процессе торможения электродвигателя 2 на выходе задатчика мощности 6 сигнала ошибки противоположной полярности на выходе усилителя 7 и втором входе сумматора 5 снова появляется дополнительный корректирующий сигнал также противоположной полярности, который плавно выводит новый сигнал ошибки на входе блока 4 за другую границу порога зоны нечувствительности на величину, также равную по модулю пороговому сигналу статической зоны нечувствительности. При этом появляются сигналы противоположной полярности на выходе блока зоны нечувствительности 4, входе управляемого преобразователя 1 и напряжение на его выходе. Электродвигатель 2 в этом случае перемещает электрод 3 в противоположном направлении до устранения нового рассогласования до нулевого значения.

При нулевом значении сигнала ошибки на выходе задатчика мощности корректирующий сигнал на выходе усилителя 7 и соответственно втором входе сумматора 5 равен нулю, отсутствуют также сигналы на выходе блока зоны нечувствительности 4 и входе управляемого преобразователя 1, электродвигатель 2 перемещения электрода 3 неподвижен, управляемый ключ 10 открыт. При очередном появлении на выходе задатчика мощности 6 сигнала ошибки в пределах зоны нечувствительности на втором входе сумматора 5 снова появляется корректирующий сигнал соответствующей полярности и электродвигатель 2 перемещает электрод 3 в направлении устранения рассогласования.

В случае появления на выходе задатчика мощности 6 сигнала ошибки, превышающего порог зоны нечувствительности блока 4, исчезают сигналы на выходе порогового элемента 9 и входе управляемого ключа 10, ключ 10 закрывается и работа регулятора повторяется в описанном порядке.

Таким образом, предлагаемый регулятор при нахождении сигнала ошибки регулирования в пределах зоны нечувствительности сдвигает статическую характеристику блока зоны нечувствительности (соответственно "влево" или "вправо" в зависимости от знака сигнала ошибки) путем непрерывной подачи на его вход через сумматор дополнительного корректирующего сигнала. Причем максимальное значение дополнительного сигнала равно по модулю пороговому значению блока зоны нечувствительности, а знак соответствует знаку ошибки. При устранении ошибки регулирования до нуля (близкого к нулевому значению) корректирующий сигнал автоматически снимается, благодаря чему и повышается точность поддержания заданного электрического режима печи, ее производительность и снижается удельный расход электроэнергии.

Для понимания сущности предлагаемого авторами технического решения приведем более детальное описание процессов, происходящих при регулировании электрического режима в дуговой сталеплавильной печи с использованием известных регуляторов и предлагаемого.

В известном решении на отрезке времени  $t_1$  (фиг.2) периода проплавления колодцев в твердой шихте (при отсутствии ее обвалов) длина дуги непрерывно удлиняется (за счет отекания расплавляемого металла на подину печи), при этом ток дуги соответственно снижается и регулятор постоянно работает на опускание электрода, поддерживая значение тока дуги у нижней границы зоны нечувствительности ( $i = I_{\min 1} < I_3$ , фиг.1). При обвале шихты в этот период и отработке регулятором короткого замыкания (например, в момент времени  $t_{11}$ ) электрод печи может остановиться в любом положении в пределах зоны нечувствительности  $2\Delta I_1$  и соответственно ток дуги принять значение в пределах от  $I_{\min 1}$  до  $I_{\max 1}$  (отрезок  $\Delta t_1$ , фиг.2). При  $i > I_{\min 1}$  по мере расплавления шихты ток дуги за счет непрерывного удлинения дуги снижается до значения  $i = I_{\min 1}$ .

По окончании проплавления колодцев непрерывно растёт уровень жидкого металла в ванне печи, а длина дуги постоянно уменьшается, при этом ток дуги увеличивается и электроды печи под воздействием таких регуляторов постоянно поднимаются вверх. В этом случае ток дуги поддерживаются на уровне верхней границы зоны нечувствительности  $2\Delta I_1$  ( $I_{\max 1} > I_3$ ). При обвалах шихты в этот период ( $t_2$ , фиг.2) и отработки регулятором короткого замыкания (например, отрезок времени  $\Delta t_2$ ) ток дуги

может иметь любое значение в пределах зоны нечувствительности  $2\Delta I_1$  данного периода плавки вплоть до значения, равного  $I_{\min 1}$ . По мере подъема уровня жидкого металла ток дуги вновь возрастает до значения, равного  $I_{\max 1}$ . Аналогичная картина (отличная от оптимально заданной) наблюдается в периоды плавки  $t_1$  и  $t_2$  после отработки регулятором обрыва дуги.

После расплавления твердой шихты (металлургические периоды плавки  $t_3$  и  $t_4$ ) электрический режим печи, как известно, становится более спокойным и зона нечувствительности регулятора обычно системой управления сужается (фиг.2). Однако ток дуги после отработки возмущения может в эти периоды длительно поддерживается таким регулятором также в районе границ зон нечувствительности (соответственно  $I_{\min 2}$ ,  $I_{\max 2}$  и  $I_{\min 3}$ ,  $I_{\max 3}$ ) и не соответствовать оптимальному значению.

Таким образом, в известных регуляторах в пределах зоны (зон) нечувствительности несоответствие значения тока дуги заданному значению регулятором не устраняется (т.к. он снимает управляющее воздействие в пределах зоны нечувствительности) и, следовательно, не обеспечивается оптимально заданный режим дуговой печи.

В предлагаемом решении при токе дуги  $i$ -ой стадии плавки меньше  $I_{\min i}$  ( $t < t_1$ , фиг.3)

регулятор также воздействует на механизм перемещения электрода в сторону его опускания, увеличивая ток дуги. При достижении током дуги значения, равного нижнему значению границы зоны нечувствительности  $I_{\min i}$  (момент времени  $t_1$  на фиг.3), ее

граница плавно сдвигается регулятором в сторону увеличения значения  $I_{\min i}$  на величину  $\Delta I_i$  до значения, равного  $I_3$  (зона нечувствительности в целом плавно сдвигается дополнительно введенными элементами на величину, равную порогу чувствительности, фиг.3). При этом регулируемый параметр (ток дуги) оказывается вне сдвигающейся зоны нечувствительности (точка А) и регулятор продолжает опускать электрод, увеличивая ток дуги. При достижении током дуги заданного значения (точка В, момент времени  $t_2$  на фиг.3) регулятор снимает управляющее воздействие, а граница зоны нечувствительности возвращается на исходную позицию (вся зона нечувствительности плавно возвращается в первоначальное положение, момент времени  $t_3$  на фиг.3). При этом ток дуги устанавливается на уровне заданного значения ( $i = I_3$ ).

При токе дуги больше  $I_{\max i}$  ( $t < t_1^*$ , фиг.3) регулятор воздействует на механизм

перемещения электрода в сторону его подъема, уменьшая ток дуги. При достижении током дуги значения, равного верхнему значению границы зоны нечувствительности  $I_{\max i}$

(момент времени  $t_1^*$  на фиг.3), ее граница сдвигается в сторону уменьшения значения  $I_{\max i}$

на величину  $-\Delta I_i$  до значения, равного  $I_3$  (зона нечувствительности в целом плавно сдвигается дополнительно введенными элементами на величину, равную порогу чувствительности, но с обратным знаком, фиг.3). При этом регулируемый параметр (ток дуги) оказывается вне сдвигающейся зоны нечувствительности (точка А\*) и регулятор продолжает поднимать электрод, уменьшая ток дуги. При достижении током дуги заданного значения (точка В\*, момент времени  $t_2^*$  на фиг.3) регулятор снимает управляющее воздействие, а граница зоны нечувствительности возвращается на исходную позицию (вся зона нечувствительности плавно возвращается в первоначальное положение, момент времени  $t_3^*$ ). Таким образом, в предлагаемом техническом решении регулятор воздействует на механизм перемещения электрода в двух случаях: а) при нахождении стабилизируемого параметра (тока дуги) вне установленной зоны нечувствительности за счет наличия сигнала на выходе блока зоны нечувствительности, б) при нахождении стабилизируемого параметра внутри статической зоны нечувствительности, изменением (сдвигом) ее позиции относительно заданного значения регулируемого параметра (одновременным увеличением или уменьшением пороговых значений границ зоны нечувствительности). Изменение позиции зоны нечувствительности приводит к появлению сигнала на выходе блока зоны нечувствительности и формированию регулятором

управляющего воздействия на механизм перемещения электрода. Причем в первом случае задачей регулятора является введение регулируемого параметра в границы статической зоны нечувствительности (устойчивость регулирования), а во втором - доведение регулируемого параметра до заданного (оптимального) значения (точность регулирования).

5 Дополнительно отметим, что в предлагаемом решении повышение точности регулирования электрического режима печи достигается не за счет уменьшения величины статической зоны нечувствительности (пределы ее уменьшения для каждого из периодов плавки ограничены и связаны с существенным ухудшением качества процесса регулирования, а главное, с потерей устойчивости), а путем сохранения ее значения на  
10 минимально возможном уровне для данного периода плавки, обеспечивающем устойчивость процесса регулирования, и дополнительного изменения ее позиции (с сохранением значений оптимально выбранных порогов чувствительности) относительно заданного значения при нахождении регулируемого параметра в пределах установленной статической зоны нечувствительности.

15 Источники информации

1. Авторское свидетельство СССР №698174, кл. H05B 7/148, 1979.
2. Авторское свидетельство СССР №701513, кл. H05B 7/148, 1979,
3. Авторское свидетельство СССР №1424702, кл. H05B 7/148, 1987.

20 Формула изобретения

Регулятор положения электрода дуговой сталеплавильной электропечи, содержащий для каждой фазы электропечи задатчик мощности, блок зоны нечувствительности, выход которого соединен с входом управляемого реверсивного преобразователя, к выходу которого подключен электродвигатель перемещения электрода, и пороговый элемент,  
25 выход которого соединен с управляющим входом управляемого ключа, отличающийся тем, что он дополнительно снабжен усилителем, блоком ограничения, апериодическим фильтром, сумматором и блоком выделения модуля сигнала ошибки, выход которого соединен с входом порогового элемента, а вход соединен с выходом задатчика мощности, первым входом сумматора и входом усилителя, выход которого через блок ограничения  
30 соединен с входом управляемого ключа, выход которого через апериодический фильтр соединен со вторым входом сумматора, выход которого соединен с входом блока зоны нечувствительности.

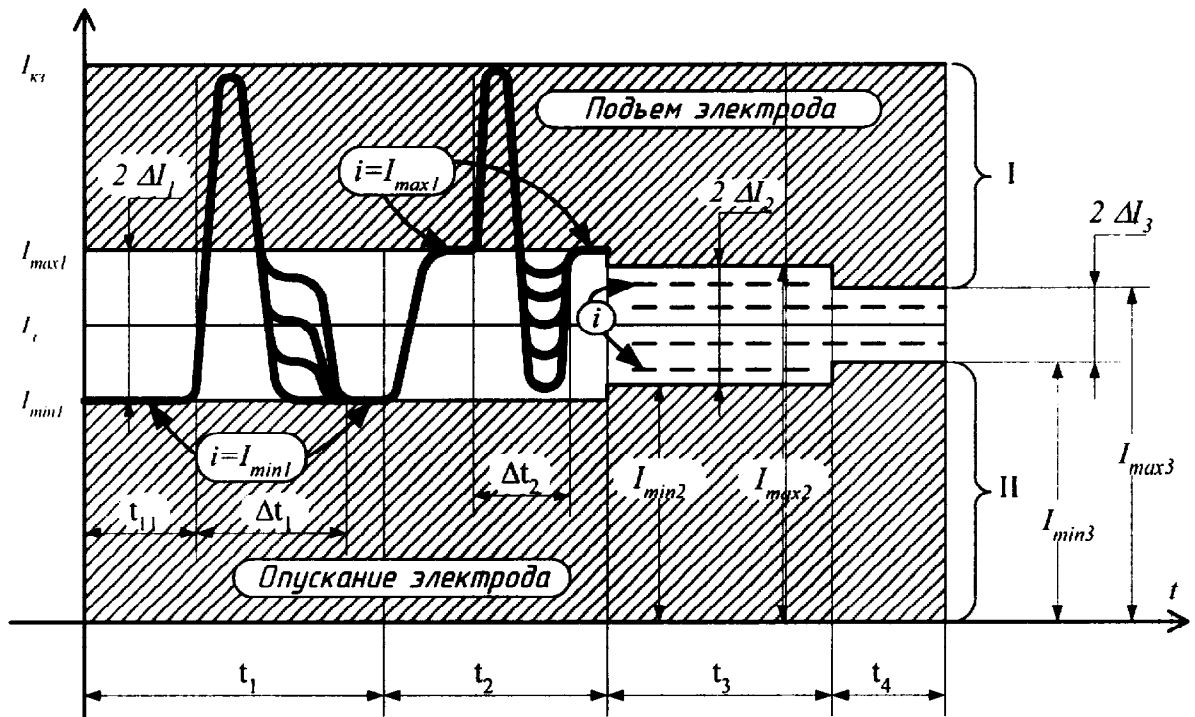
35

40

45

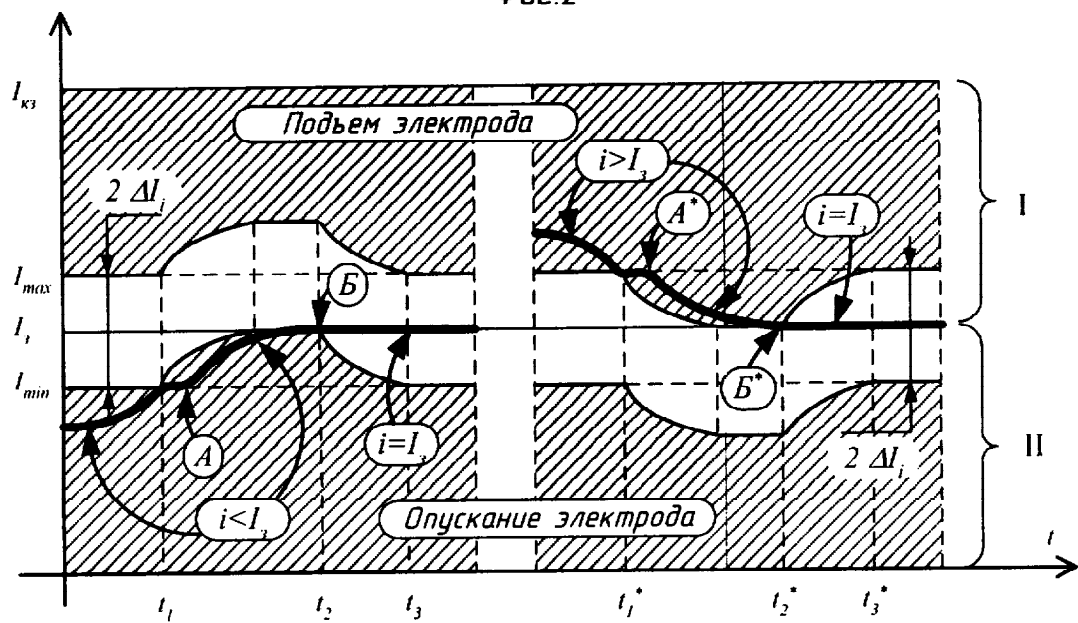
50





I - зона действия регулятора при подъеме электрода;  
II - зона действия регулятора при опускании электрода.

Фиг.2



I - зона действия регулятора при подъеме электрода;  
II - зона действия регулятора при опускании электрода.

Фиг.3





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

(21) Регистрационный номер заявки: 2006100972

Извещение опубликовано: 10.08.2009      БИ: 22/2009

---

RU 2 334 926 C 2

RU 2 334 926 C 2